

# Диагностика диастолической дисфункции миокарда левого желудочка сердца методами доплерэхокардиографии и спектрального анализа электрокардиограммы

Молдоташев И.К., Богданов Ю.А., Сорокин А.А.

Университет АДАМ, г. Бишкек, Кыргызстан

# Актуальность

Высокая распространенность хронической сердечной недостаточности (ХСН), нарастающая с увеличением продолжительности жизни населения, обуславливает пристальное внимание исследователей к данному синдрому с целью ранней диагностики, что позволит предотвратить дальнейшее ее прогрессирование. Наиболее точная доклиническая диагностика ХСН возможна путем оценки диастолической функции миокарда левого желудочка сердца (ДФЛЖ) методом доплерэхокардиографии (ДЭХОКГ). Нами разработан новый мобильный метод диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца (ДДЛЖ) с помощью спектрального анализа одноканальной электрокардиограммы (ОЭКГ).

# Цель исследования

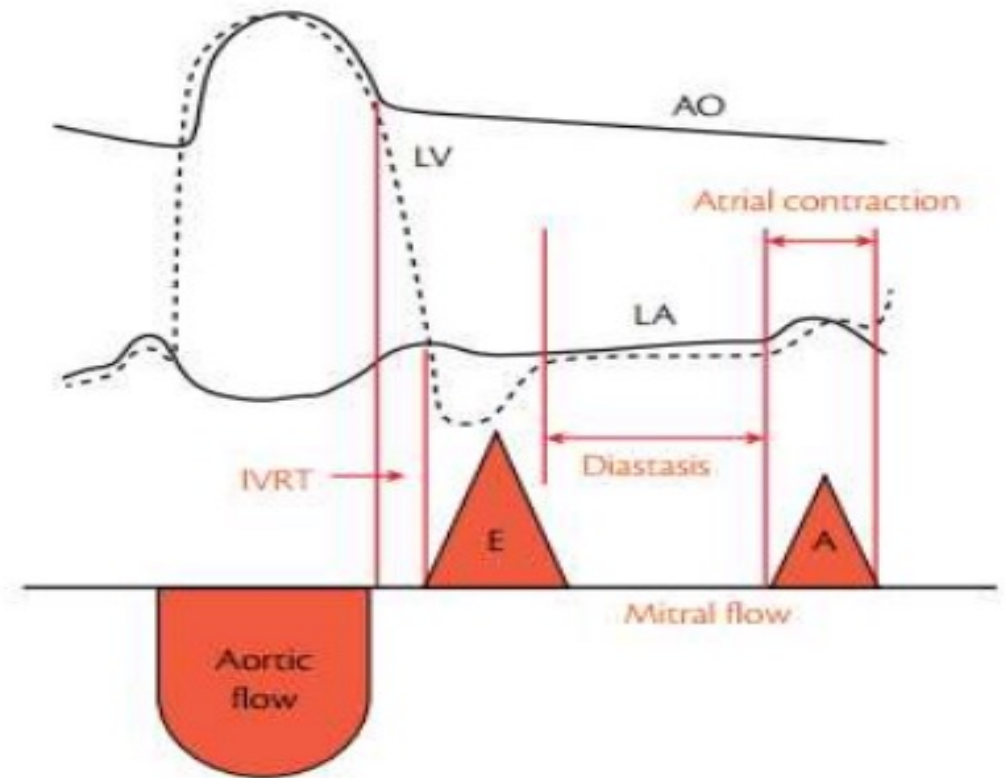
Изучить диагностическую ценность, чувствительность и специфичность предложенного нами метода спектрального анализа одноканальной электрокардиограммы для диагностики диастолической дисфункции левого желудочка по сравнению с доплерэхокардиографией в качестве эталона.

# Фазы диастолы

## Diastole phases

Diastole can be divided into four phases :

1. LV pressure fall during isovolumetric relaxation
2. Early rapid diastolic filling (E)
3. Diastasis
4. Late diastolic filling due to atrial contraction (A)



# Сердечно-сосудистый континуум



# Клиническое течение компенсированного гипертонического сердца ( 8 лет наблюдения)



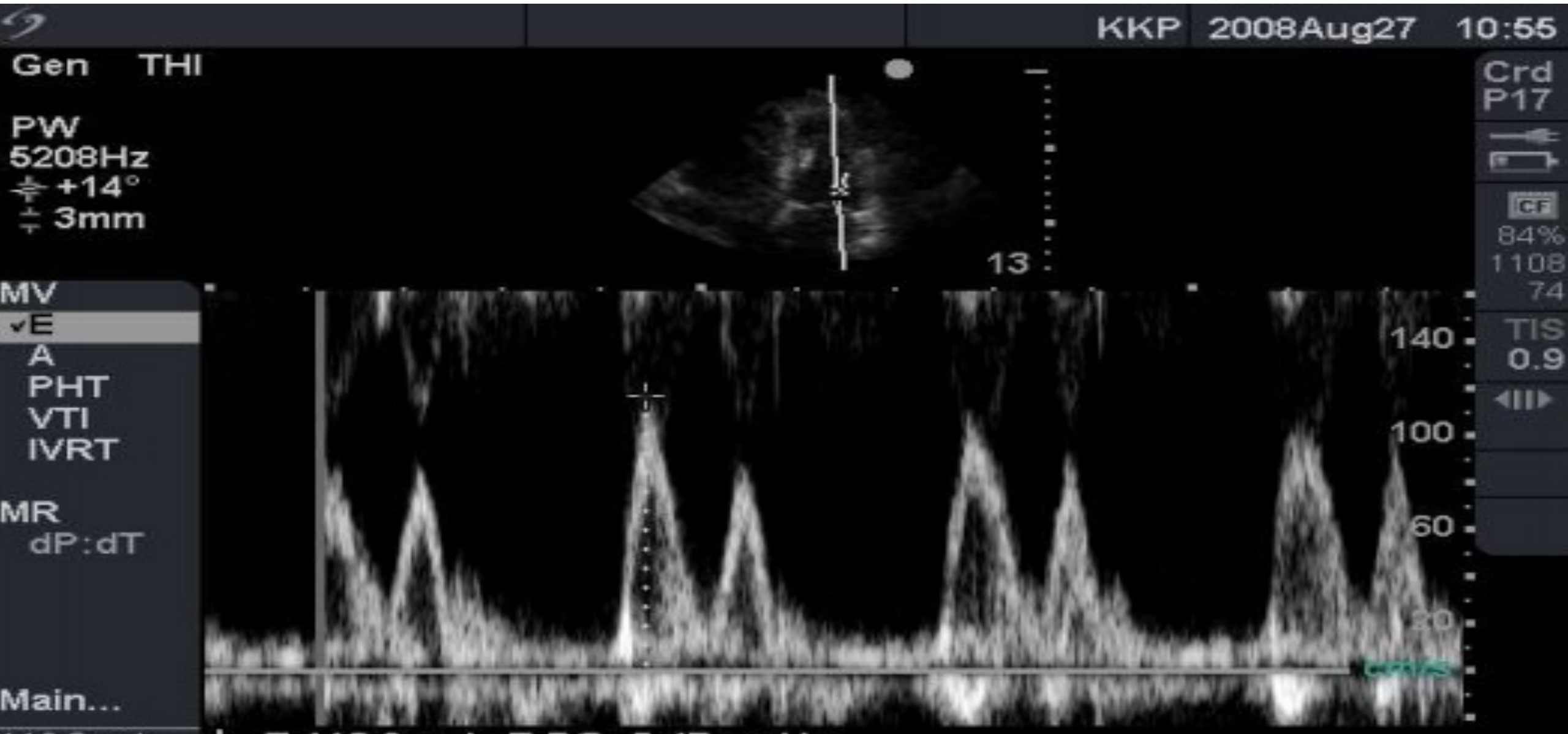
**Рисунок 3.** Клиническое течение компенсированного гипертонического сердца (результаты ретроспективного когортного исследования с наблюдением в течение 8,1 лет; взято из [13]).



# Материал и методы

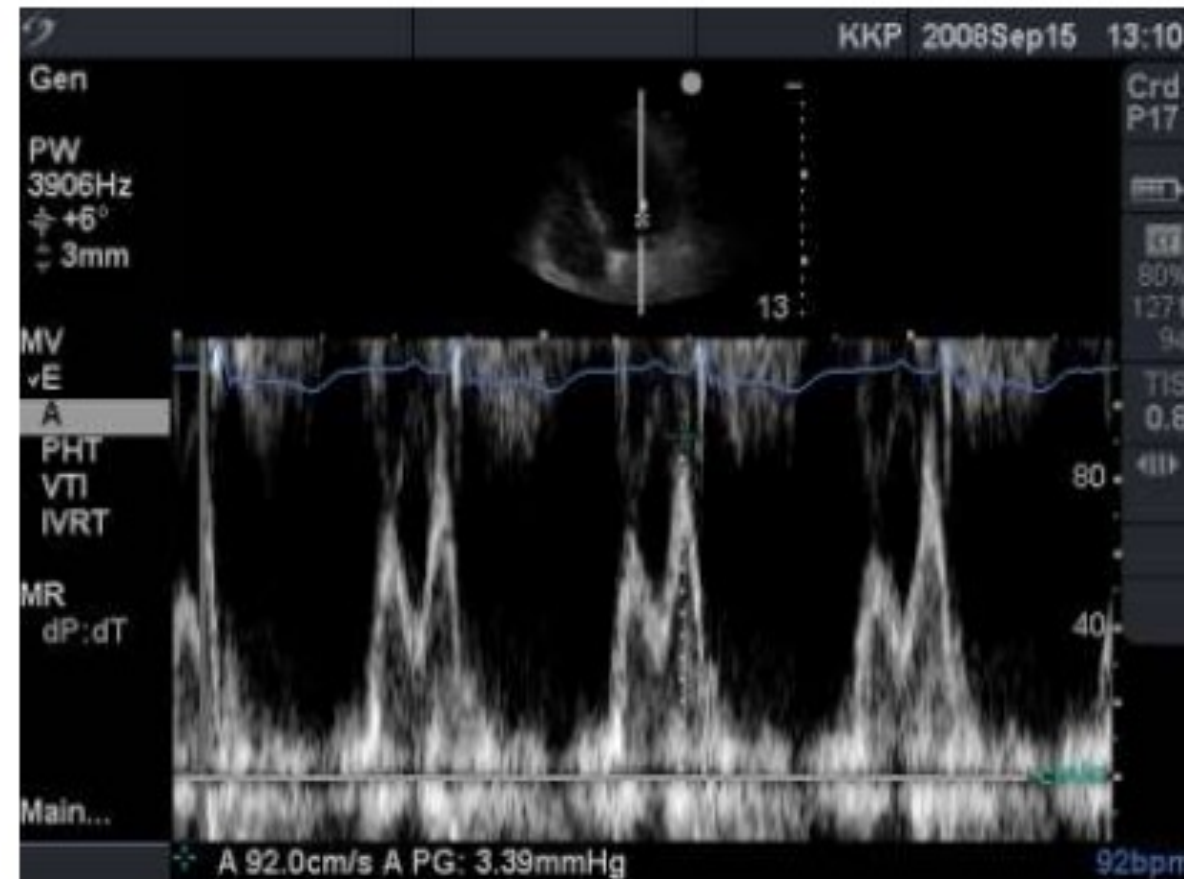
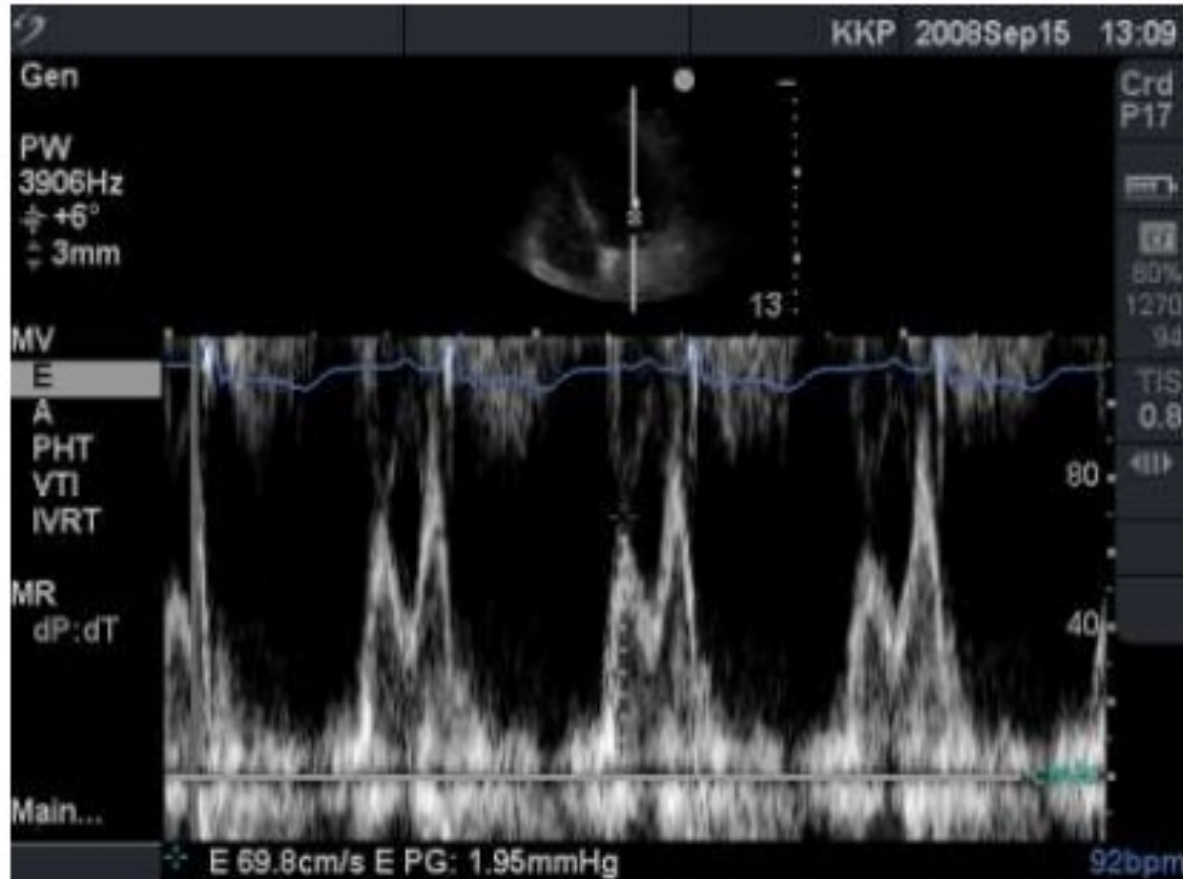
Материал и методы. Обследовано 60 человек ( 35 пациентов с кардиальной патологией и 25 практически здоровых лиц) в возрасте от 20 до 65 лет. Среди них было 36 мужчин и 24 женщин. ЭХОДКГ проводилась на аппарате SonoSite Micro MAXX фирмы BELSE X2. ДФЛЖ определялась по общепринятой методике, по отношению скорости митрального кровотока в период раннедиастолического наполнения к скорости кровотока в период сокращения предсердий (Ед/Ад). ОЭКГ снимали с помощью регистратора одноканального ЭКГ DuoDEK 1185. ДФЛЖ методом спектрального анализа ЭКГ определяли как отношение суммы мощности гармоник в период раннего диастолического наполнения к сумме мощности гармоник в период сокращения предсердий ( Еэкг/Аэкг).

# Допплерэхокардиография пациента с нормальной диастолической функцией левого желудочка сердца





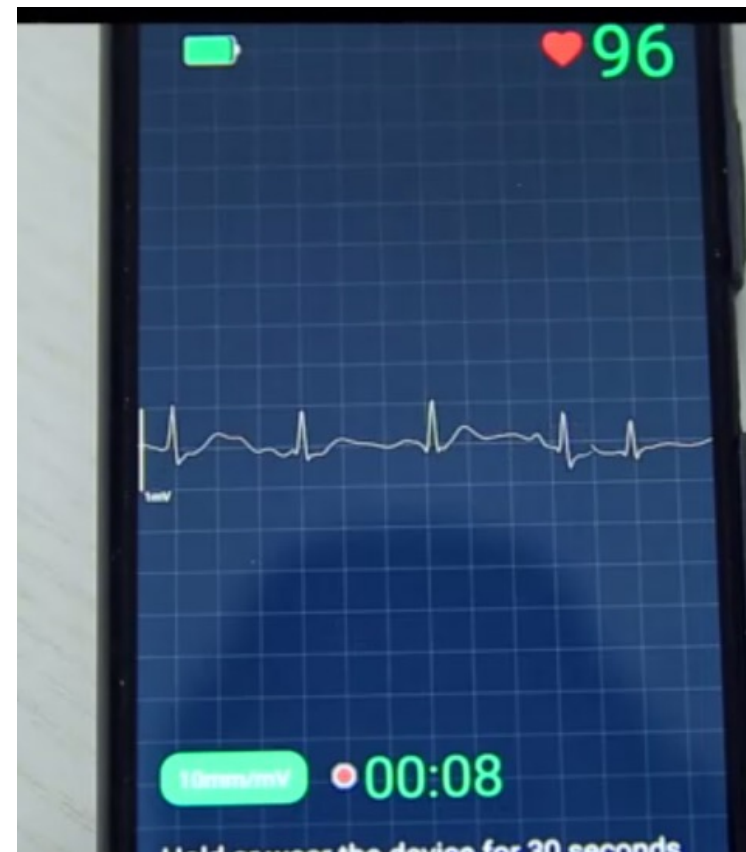
# Допплерэхокардиография пациента с диастолической дисфункцией миокарда левого желудочка сердца



# Одноканальный мобильный кардиограф

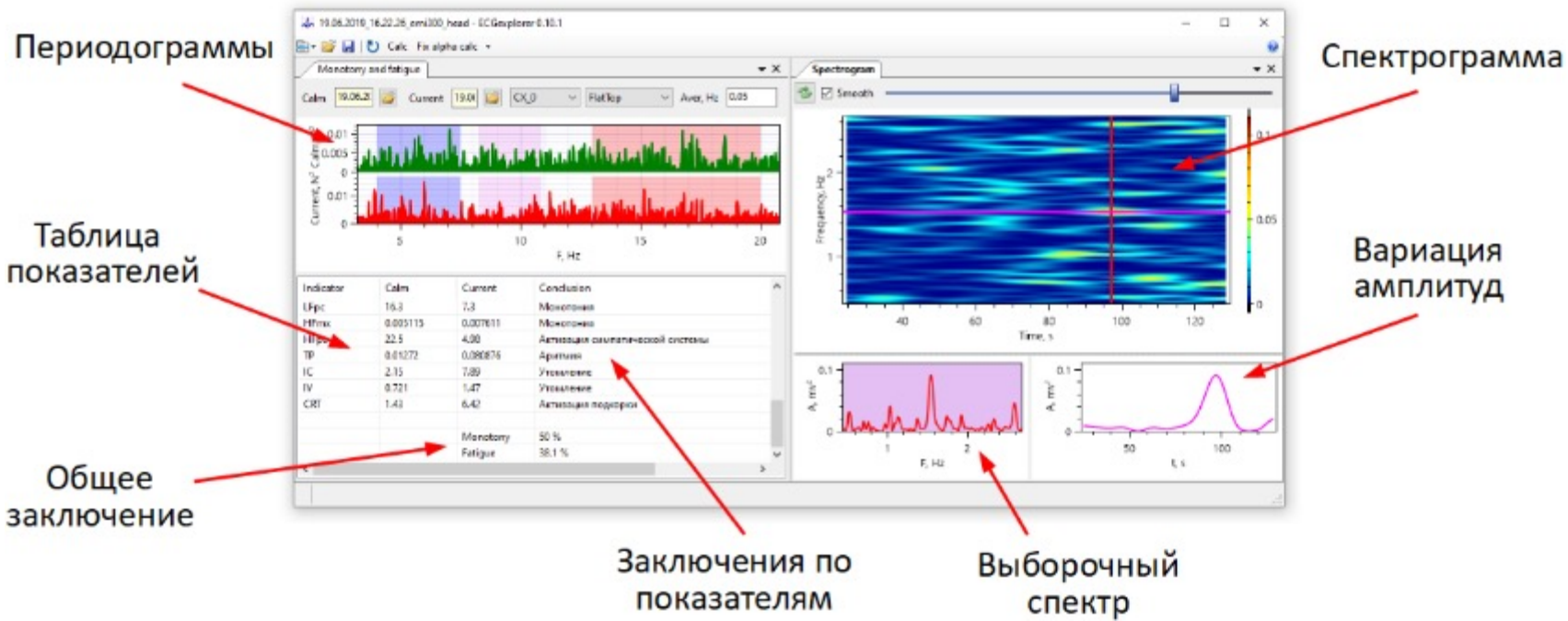


Непрерывная запись  
от 30с до 15 минут

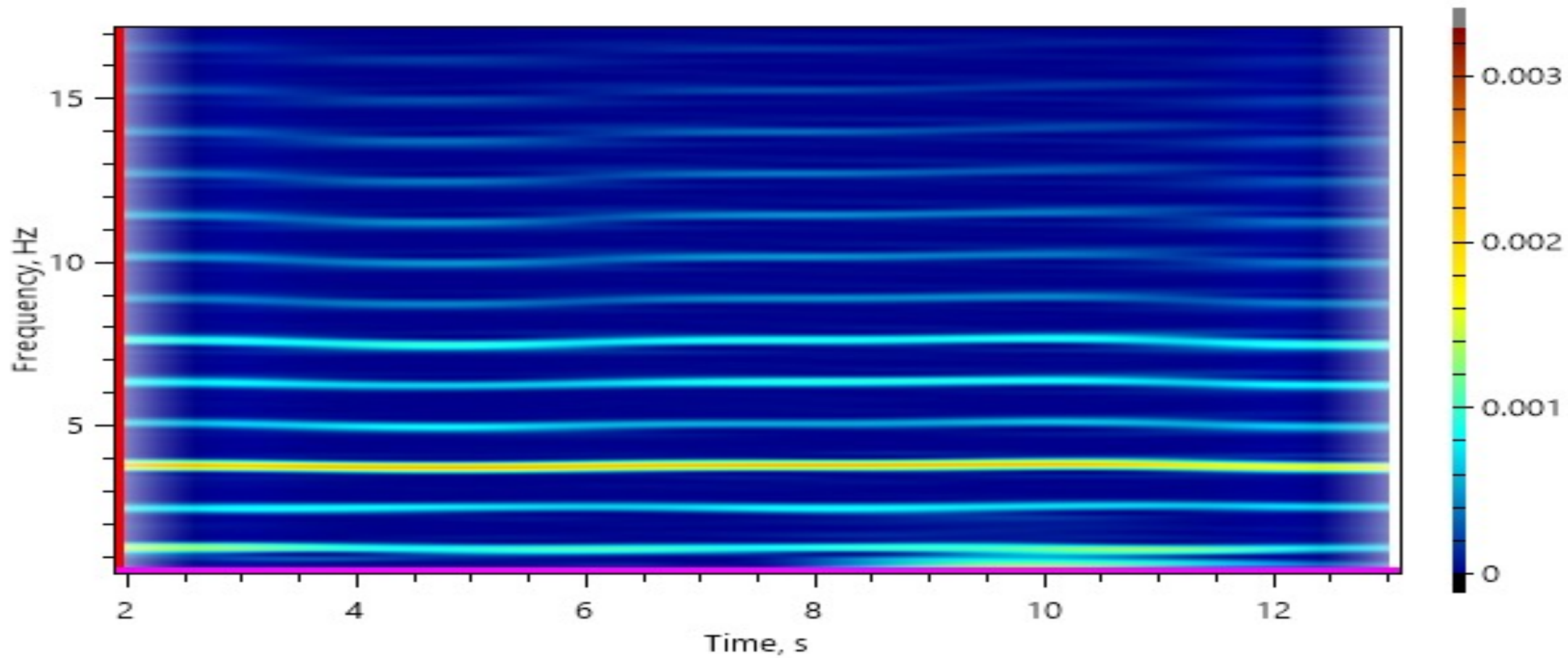


# DSF для врача

При необходимости врач получает отчёт в виде анализа ЭКГ и variability сердечного ритма, основных ритмов мозга и характеристик отделов головного мозга и вегетативной регуляции, частоты дыхания, анализа состояния эндотелия сосудов, барорецепторов, периодов большого и малого круга кровообращения, мозговой гемодинамики, состояния коронарного кровотока и диаграммы нагрузочных эллипсов, которые позволяют оценить нагрузку на предсердия и желудочки, косвенно оценить вентиляционную способность лёгких и скорость движения крови по сосудам периферии

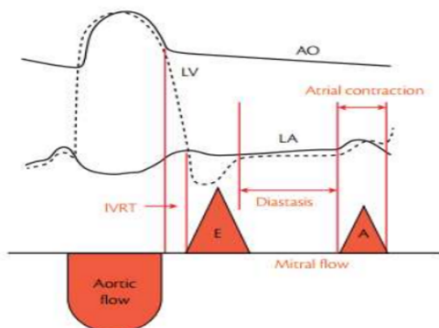


# Построение спектрограммы ЭКГ

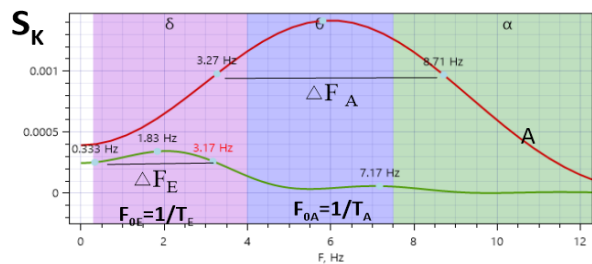
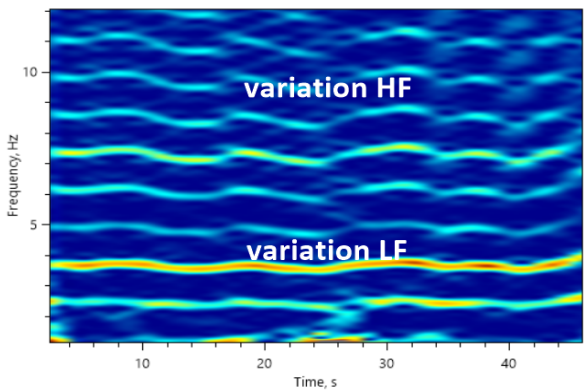




# Алгоритм анализа

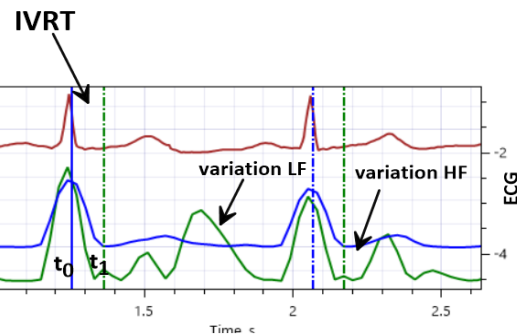


спектрограмма



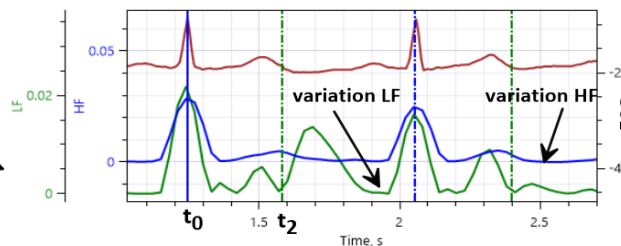
Математическая модель фазы диастолы

| N | K        | $\sigma$ | $F_i, \Gamma\text{ц}$ | $1/F$ | $f_i$   | N | K       | $\sigma$ | $F_i, \Gamma\text{ц}$ | $1/F$ | $f_i$   |
|---|----------|----------|-----------------------|-------|---------|---|---------|----------|-----------------------|-------|---------|
| 1 | 0.005973 | 2.896    | 6.694                 | 0.15  | +0.2732 | 1 | 0.07581 | -18.9    | 16.13                 | 0.062 | -0.9123 |
| 2 | 0.1154   | -6.848   | 4.648                 | 0.22  | -1.948  | 2 | 1.244   | -41.69   | 11.15                 | 0.09  | +2.757  |
| 3 | 0.6702   | -12.48   | 2.681                 | 0.37  | +2.231  | 3 | 6.274   | -54.55   | 6.635                 | 0.15  | -0.2058 |
| 4 | 1.076    | -14.36   | 0.8874                | 1.1   | -0.3306 | 4 | 12.7    | -60.35   | 2.209                 | 0.45  | +3.065  |



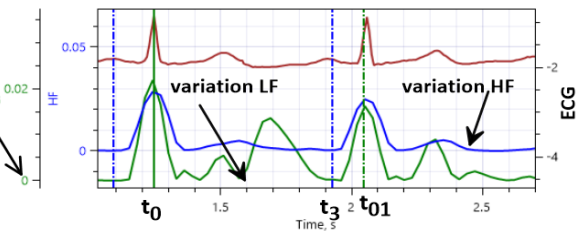
isovolumetric contraction

RR = 0.81 s  
 DT0 = 0.09554 s  
 DT1 = 0.1062 s  
 DT2 = 0.1068 s  
 Aver DT = 0.1028 s



atrial systole

RR = 0.81 s  
 DT0 = 0.3131 s  
 DT1 = 0.3207 s  
 DT2 = 0.3436 s  
 Aver DT = 0.3258 s

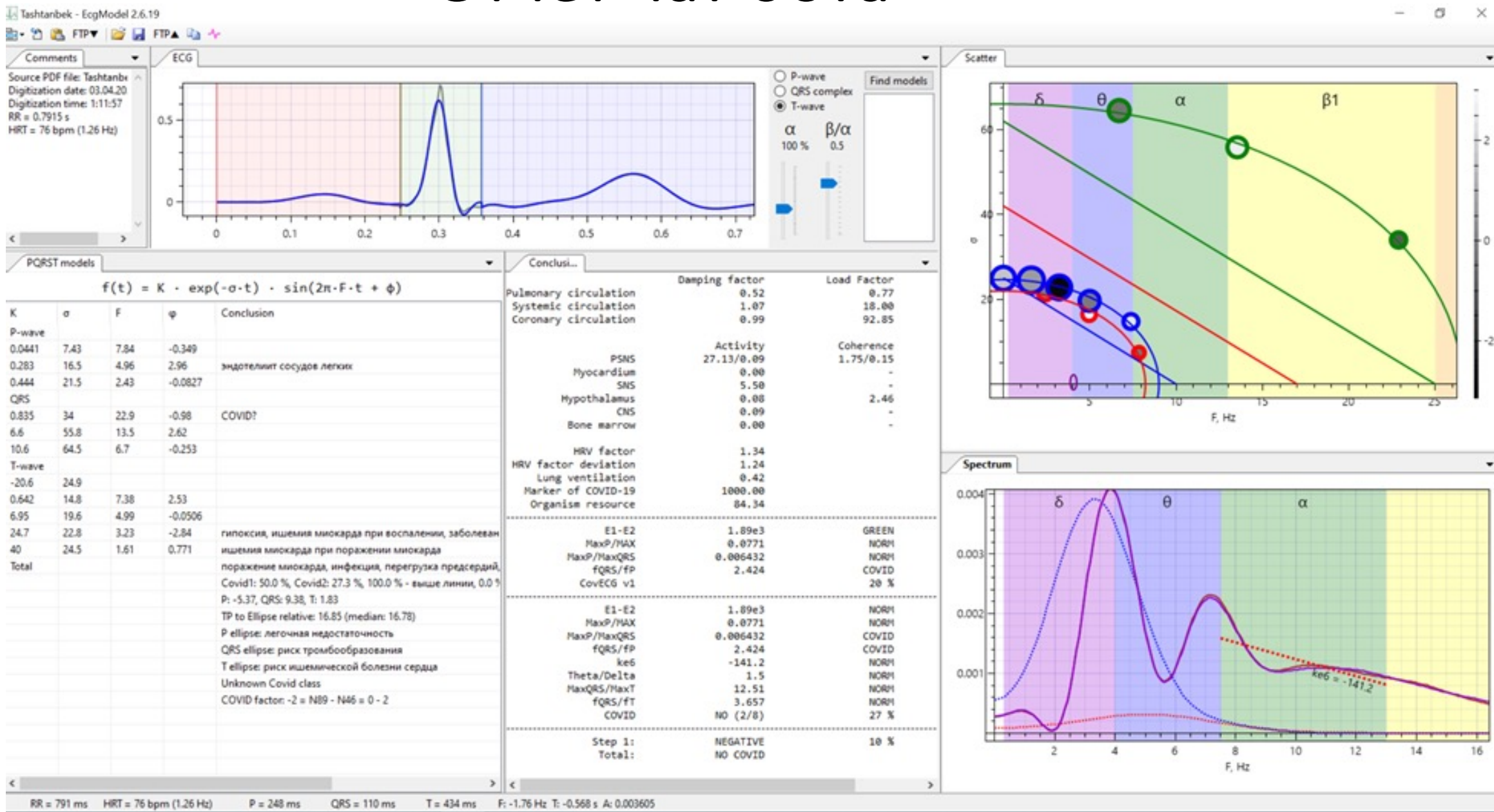


RR = 0.81 s  
 DT0 = 0.1568 s  
 DT1 = 0.1432 s  
 DT2 = 0.1568 s  
 Aver DT = 0.1523 s

$$W(p) = 1.262e-06 \frac{(0.00182 \cdot p + 1)(4.771e-05 \cdot p^2 + 0.0007997 \cdot p + 1)(0.0001846 \cdot p^2 + 0.0009105 \cdot p + 1)}{(9.938e-05 \cdot p^2 + 0.004905 \cdot p + 1)(0.0001616 \cdot p^2 + 0.01591 \cdot p + 1)(0.01552 \cdot p + 1)}$$

Параметры:  $k$ - усилие,  $\sigma$ -степень затухания (вязкость),  $F$ -собственная частота упругих деформаций сосудов,  $f_i$ - время запаздывания

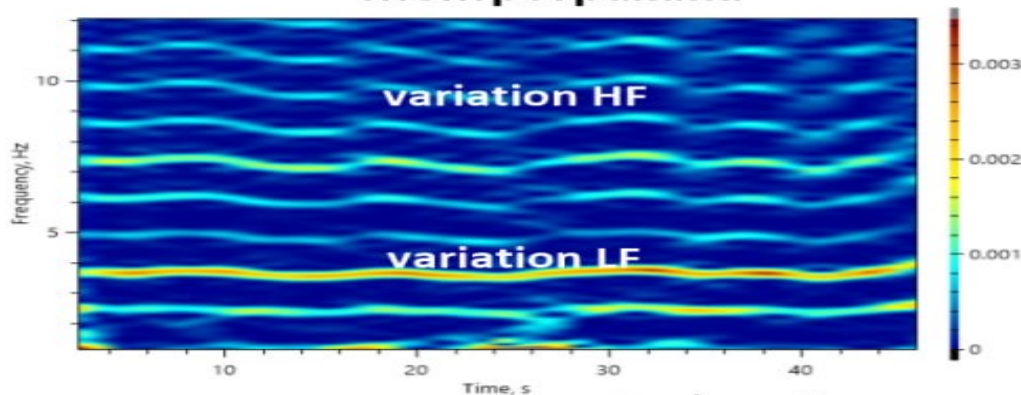
# Отчет чат бота



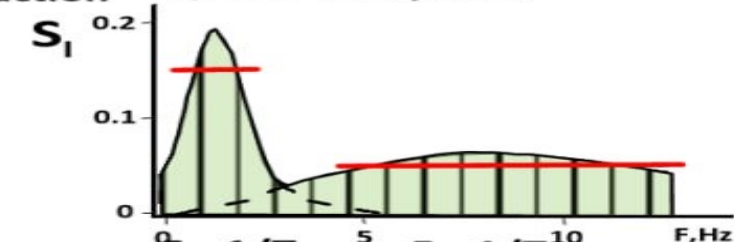
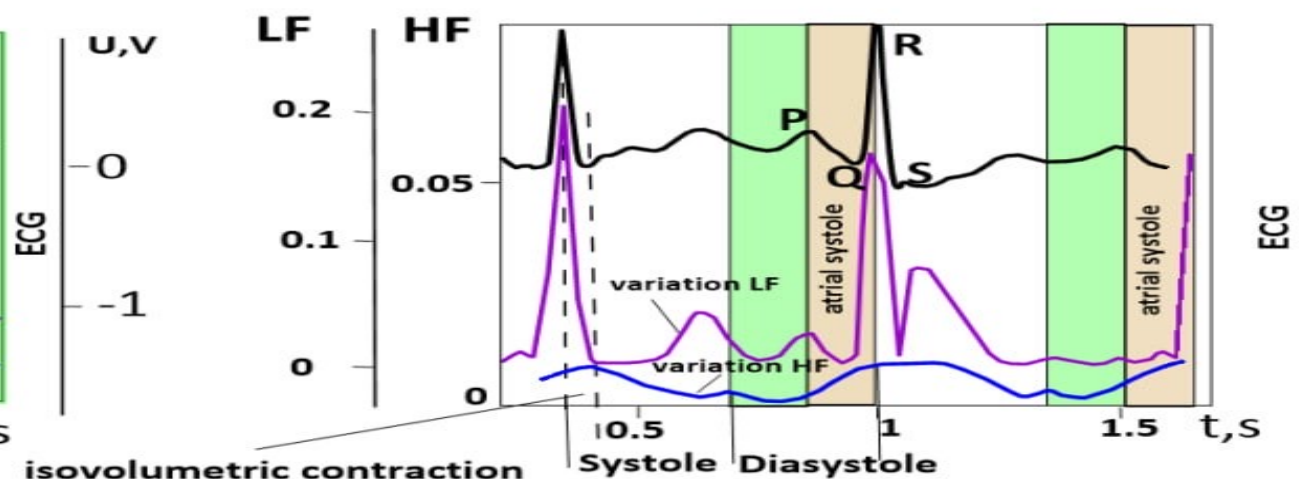
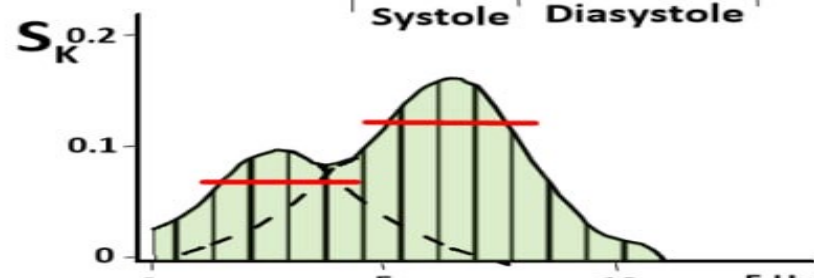
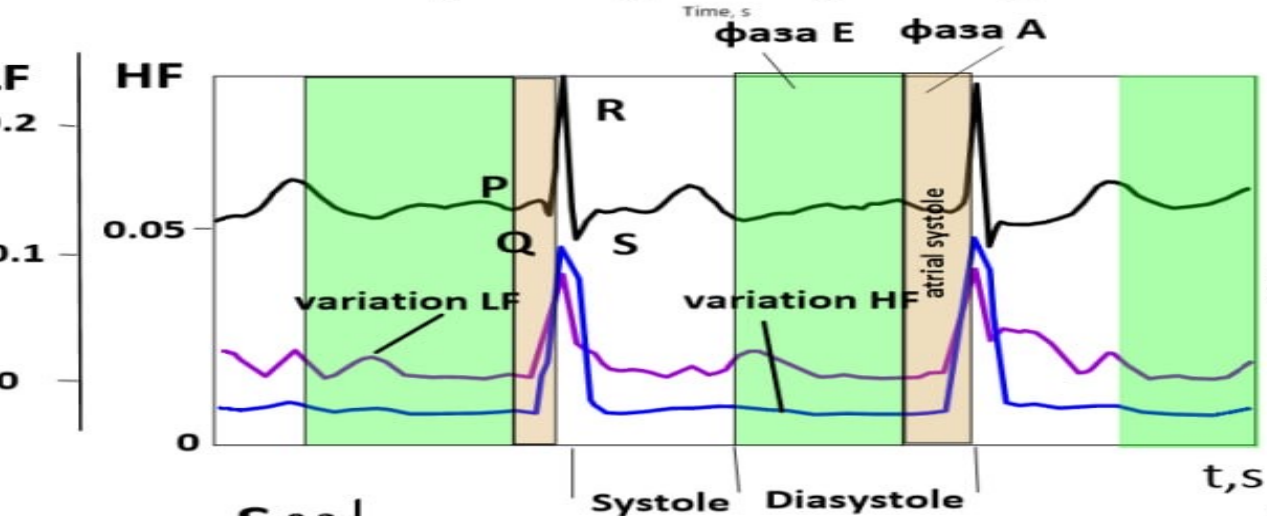
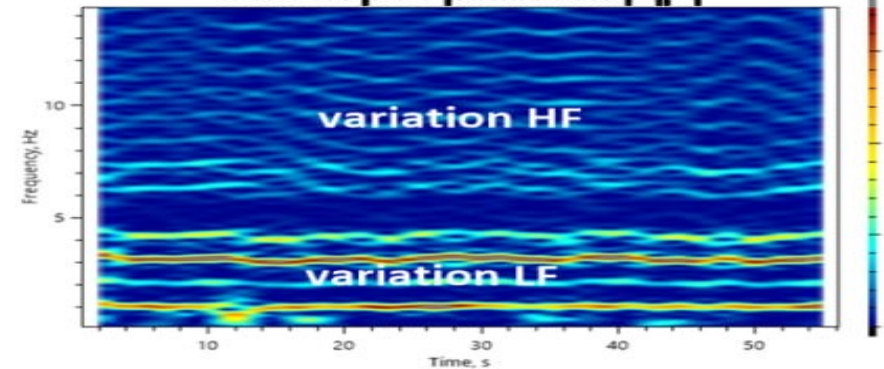


# Спектрограмма пациента с нормальной диастолической функцией (слева) и с диастолической дисфункцией левого желудочка сердца (справа)

спектрограмма



спектрограмма ДД



# Статистическая обработка

Проводилась с использованием пакета программ SPSS, версия 16. Рассчитывался критерий Хи-квадрат. Если по результатам расчета использование Хи-квадрат оказывалось невозможным, применялся точный критерий Фишера. Для определения качества спектрального ЭКГ как предиктора диастолической дисфункции строилась ROC (receiver operating characteristics) кривая и рассчитывалась площадь под кривой (AUC area under the curve). Площадь под кривой изменяется от 0,5 до 1. Чем ближе к единице, тем лучше диагностическая ценность теста.

# Чувствительность и специфичность СПЭКГ по сравнению с ДЭХОКГ

|       | спектр  | доплер  | доплер | всего |
|-------|---------|---------|--------|-------|
|       |         | ЕСТЬ ДД | НЕТ ДД |       |
|       | ЕСТЬ ДД | 17      | 10     | 27    |
|       | НЕТ ДД  | 4       | 26     | 30    |
| всего |         | 21      | 36     | 57    |

Чувствительность:  $17/21 = 0,81$

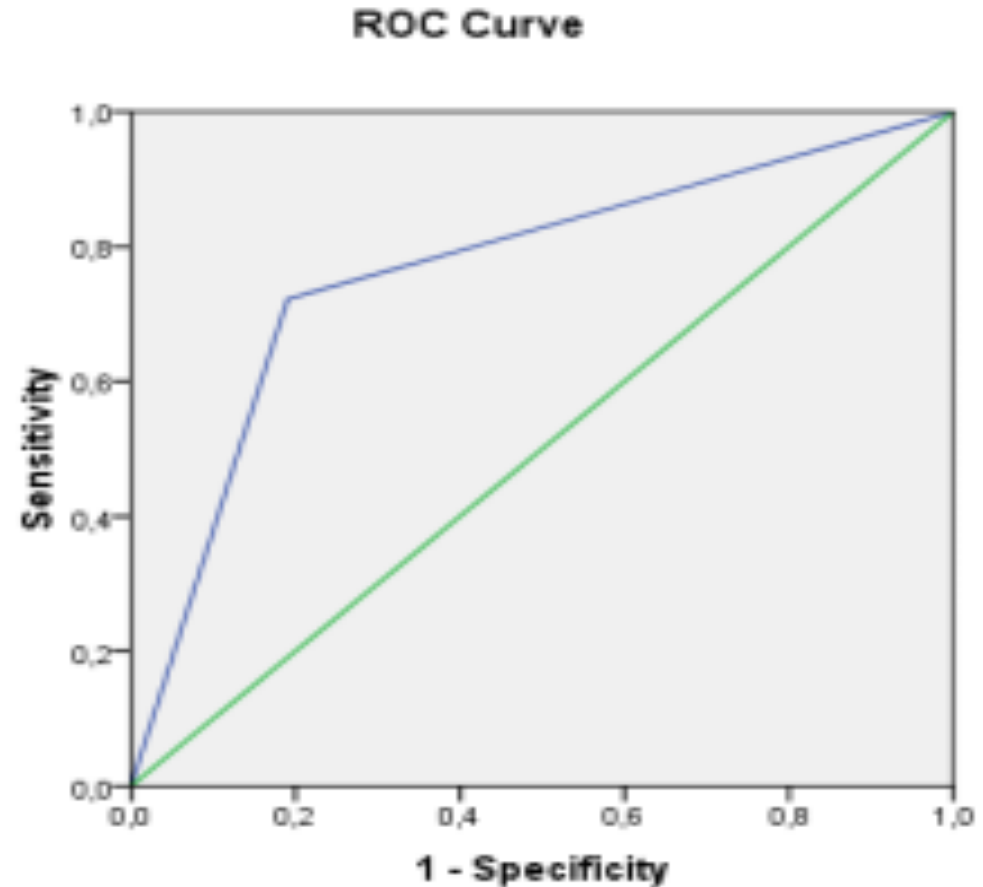
Специфичность:  $26/36 = 0,72$

Chi-квadrat: 15,043,  $P = 0,000$  - наличие связи статистически высоко значимо

Phi = 0,514,  $P = 0,000$  - наличие связи статистически высоко значимо

# Кривая ROC (рабочие характеристики приемника)

Кривые ROC — это широко используемый метод оценки диагностической эффективности теста. Путем построения графика истинно положительных результатов (чувствительности) против значения ложноположительных результатов (1 - специфичность) кривая обеспечивает оценку общей точности теста при различении положительных и отрицательных случаев. AUC (Area Under the Curve – площадь под кривой) представляет собой сводную статистику кривой ROC со значениями в диапазоне от 0,5 (указывает на случайное распознавание) до 1,0 (указывает на идеальное распознавание). Чем выше значение AUC, тем лучше диагностическая эффективность теста.



Diagonal segments are produced by ties.

# Оценки площади под кривой (AUC)

Как видно из таблицы, площадь под кривой равна  $0,766 \pm 0,067$  с доверительным интервалом от 0,635 до 0,896. Полученные значения можно трактовать в том смысле, что оценки спектра являются достаточно хорошими предикторами диастолической дисфункции

## Area Under the Curve

Test Result Variable(s): кат спектро

| Area | Std. Error | Asymptotic Sig. | Asymptotic 95% Confidence Interval |             |
|------|------------|-----------------|------------------------------------|-------------|
|      |            |                 | Lower Bound                        | Upper Bound |
| ,766 | ,067       | ,001            | ,635                               | ,896        |

# Преимущества метода СпЭКГ перед ДЭХОКГ

- безопасный - пассивный, бесконтактный метод
- портативный, легкий, удобный при длительном использовании
- простой в эксплуатации, не требует специальной подготовки персонала для работы
- высокой пропускной способностью - замер осуществляется за 20 сек
- легко осуществлять дезинфекцию
- не требует расходных материалов, нет дополнительных затрат при эксплуатации
- не является медицинским прибором - это гаджет, который может работать с любым мобильным устройством или компьютером
- не нарушает конфиденциальность и свобод граждан
- автоматическая on-line передача данных, при необходимости
- привычный дизайн прибора, который не вызывает возражения при обследовании



## Заключение

- Спектральный анализ ОЭКГ обладает высокой чувствительностью и достаточной специфичностью для диагностики ДДЛЖ сердца. Данный метод может быть использован для дистанционных массовых скринирующих исследований с целью доклинической диагностики ХСН, особенно в отдаленных регионах республики.